

水の光分解に関する基礎研究

電子デバイス技術課 國方伸亮、二口友昭*1、角田龍則 ものづくり研究開発センター 寺澤孝志、本保栄治
若い研究者を育てる会 燐化学工業株式会社 塚田成弘

1. 緒言

近年、地球温暖化やエネルギー安全保障の観点から、再生可能エネルギーの利活用が注目を集めている。光触媒や光電極は半導体表面の光起電力を利用するものであり、水分解を介して無尽蔵に地球に降り注ぐ太陽エネルギーを水素エネルギーへ変換できることから期待されている。光電極は、Fig. 1 に示すように半導体表面の光励起によって生じた励起電子に外部バイアスを作用させることで効率よく対極側へ送り、酸化還元反応を起こす技術である。一般的に水の電気分解では、理論上で 1.23V 以上、実際には過電圧などの影響で 1.6V 以上の電圧が必要である。光電極の場合補助電源による外部バイアスを用いるため、光励起を伴わない電気化学反応に比べて少ない印加電圧で水を水素と酸素に分解することができ、水素製造の低コスト化につながる。また外部バイアスを用いず光触媒のみで水分解を行う場合と比較すると、バンド電位制約の面で有利となるだけでなく、酸化と還元反応場を分離できるため、励起した電子とホールとの再結合による失活を防ぐことができ、効率的に太陽光エネルギーを変換することができる。しかしながら可視光領域での量子収率や製造コストなど課題が多いことから実用化には至っていない。

そこで本研究では、導電性高分子であるポリピロール (PPy) に着目し、光励起によって半導体表面に発生したホールがポリピロールに素早く拡散すれば、再結合が妨げられ、水の酸化反応がより効率的に起こるのではないかと考えた。可視光下にて高い光触媒活性を示すことが知られている半導体材料のオルトリン酸銀 (Ag_3PO_4) 表面に PPy をコーティングすることで新規光電極を合成し、光電気化学的特性を評価した。

2. 実験方法

リン酸水溶液中にて銀板の表面を酸化することにより、銀上に薄膜状の Ag_3PO_4 が析出した半導体電極 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ を得た。合成した $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ を作用極として電解重合を行い、 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ 表面にポリピロール被覆した $\text{PPy}/\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ を得た。光電極の活性評価として、キセノンランプによる太陽光シミュレーターを用いて AM1.5 の疑似太陽光および単色光を照射しながら、ポテンショスタットにて電気化学測定を行った。

*1 令和 4 年 3 月退職

3. 実験結果および考察

Fig. 2 に単色光の照射から得られた $\text{PPy}/\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ および $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ の外部量子収率 (IPCE: Incident Photon to Current Efficiency) を紫外可視吸収スペクトルと併せて示した。IPCE の波長依存性は紫外可視吸収スペクトルと類似した形となり、 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ と同様に $\text{PPy}/\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ も吸収する光エネルギーを効率的に電気エネルギーに変換できていることがわかった。また、 $\text{PPy}/\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ は $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ よりも高い IPCE を示した。

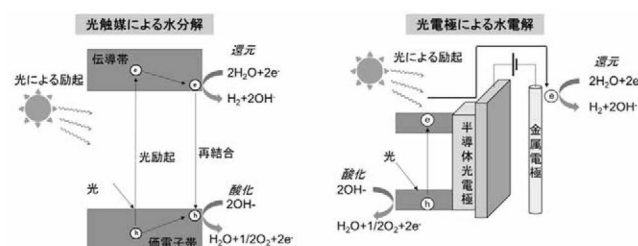


Fig. 1 Structure of photocatalyst and semiconductor photoelectrode

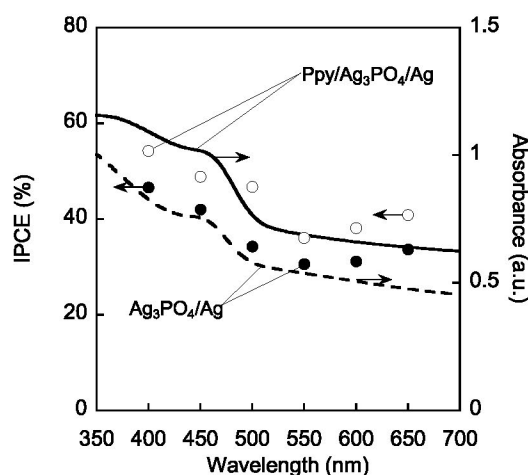


Fig. 2 IPCE of $\text{PPy}/\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ and $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$

4. 結言

可視光応答性の光電極 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ について、表面にポリピロールを被覆した $\text{PPy}/\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ を合成し、光電気化学的特性を評価した。太陽光シミュレーターを用いて活性を評価した結果、 $\text{PPy}/\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Ag}$ は良好な量子収率を示すことが示唆された。